



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**KOTITALOUKSIEN MUOVIJÄTTEEN  
KERÄYS- JA KOOSTUMUSTUTKIMUS  
KIERTOKAAREN TOIMIALUEELLA**

Elle Niemistö

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Maaliskuu 2021

# TIIVISTELMÄ

Kotitalouksien muovijätteen keräys- ja koostumustutkimus Kiertokaaren toimialueella

Elle Niemistö

Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2021, 34 s. + 1 liite

Työn ohjaaja(t) yliopistolla: TkT Jenni Ylä-Mella

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli selvittää kotitalouksien muovijätteiden laatukoostumus keskittymällä erityisesti muoviesineisiin eikä pakkausmuoviin. Kotitalouksien muovijätteiden keräyskokeilu ja lajittelututkimus tehtiin marraskuussa 2020 Kiertokaari Oy:n toimialueella, Ruskon jätekeskuksessa, Oulussa. Jätekeskuksen ilmaistuontipisteellä järjestettiin viiden arkipäivän mittainen muovinkeräyskokeilu 9.-13.11.2020, jolloin vastaanotettiin maksutta muovijätettä kotitalouksista. Keräys tapahtui jätekeskuksen aukiolon puitteissa. Kotitalouksien tuomasta muovista otettiin 2,6 tonnin näyte-erä, joka lajiteltiin muovilaaduittain mekaanisesti käsin. Lopuksi suurin osa keräystä muovista ajettiin lisäajona Oulun Energian jätteiden lajittelulaitoksen läpi tammikuussa, mikä osoitti koneellisen muovilaatujen tunnistuksen ja lajittelun mahdollisuuksia sekä haasteita.

Tutkimuksessa tutkittiin, mitä muovilaatuja kotitalouksien muovijätteet sisältävät ja mahdollisuuksia näiden hyödyntämiseen sekä niiden kelpoisuutta uusiokäyttöön. Tällä tutkimuksella pyritään selvittämään, olisiko muovi materiaalina ratkaisu kierrätysasteen nostamiseen. Tutkimuksen pohjalta haetaan ratkaisuja muovinkeräyksen toteuttamiselle tulevaisuudessa. Tutkimus osoittaa, ettei ole kannattavaa järjestää täsmälleen kokeilun kaltaista keräystä jatkossa jatkuvana. Muovinkeräykselle on siltikin tarvetta, sillä muovi on materiaalina kierrätettävissä helposti. Mahdollisiksi ratkaisuiksi keräyksen toteuttamiselle voisi olla kesäisin järjestettävät kampanjapäivät tai jatkuva keräys tarkemmalla seulalla.

*Asiasanat: muovi, kierrätys, uusiokäyttö, kiertotalous, (erillis)keräys*

# ABSTRACT

Households' plastic waste collection and composition – study of Kiertokaari's domain

Elle Niemistö

University of Oulu, Degree Programme of Process and Environmental Engineering

Bachelor's thesis 2021, 34 pp. + 1 Appendix

Supervisor(s) at the university: D.Sc.(Tech.) Jenni Ylä-Mella

The aim of this study is to find out households plastic wastes plastic type composition, focusing especially to different plastic objects instead of plastic packaging. Households' plastic waste collection experiment and sorting study was conducted during November 2020 in Kiertokaari's domain, in Rusko waste treatment centre, located in Oulu. On the waste treatment centre's free of charge-collection point, the Plastic Collection Experiment was organized during the weekdays between 9.-13.11.2020. During this time, plastic waste from households could be brought to the centre for free. The collection took place within the centre's opening hours. Out of all the plastic brought in by the households, a 2,6 ton (kg) sample-batch was taken and then sorted mechanically by hand. Lastly most of the collected plastic was driven through Oulu Energia's waste sorting plant as additional drive in January. This pointed out machine based plastic type recognition and sorting's possibilities as well as challenges.

The focus of this study is to find out what plastic types households' plastic waste contains and to look into the possibilities of utilizing them as well as the waste's eligibility to be reused. This study aims to find out if plastic as a material could be the solution to raising the level of recycling. On the basis of this study solutions are looked for on how to organize plastic recycling in the future. As a result of this study, it was noted that it is not worthwhile to organize a collection precisely as the one in the study as an ongoing collection. However, there is still need for plastic waste collection as plastic is an easily recyclable material. Possible solutions for carrying out the collection could be campaign days organized during the summer or an ongoing collection with a more precise screening.

*Keywords: plastic, recycling, material recovery, circular economy, (separate) collection*

# ALKUSANAT

Keräyskokeilu ja käsinlajittelu toteutettiin Oulussa marraskuussa 2020, Kiertokaari Oy:n, Ruskon jätekeskuksessa. Lisäajo Oulun Energian lajittelulaitoksella suoritettiin tammikuussa 2021.

Haluan kiittää Kiertokaari Oy:n toimitusjohtaja Sami Hirvosta erittäin mielenkiintoisesta aiheesta ja mahdollisuudesta toteuttaa tämä projekti. Kiitokset kandidaatintyön ohjaajille TkT Jenni Ylä-Mellalle Oulun yliopistolta ja suunnitteluinsinööri Antero Kiljuselle Kiertokaarelta. Olette olleet suurena apuna työtä tehdessä. Kiitän Oulun Energialta Antti Mattilaa ja Saara Palo-ojaa lajittelulaitoksen lisäajon mahdollistamisesta. Haluan kiittää myös oikein onnistuneesta muovinkeräyskokeilusta Kiertokaaren työntekijöitä, joiden kanssa oli ilo työskennellä. Kiitän opiskelutovereitani, jotka toimivat suurena apuna käsinlajittelussa. Kiitän myös paikallismedioiden edustajia kiinnostuksesta keräyskokeilua ja työtäni kohtaan.

Oulu, 30.3.2021

*Elle Niemistö*

Elle Niemistö

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 Johdanto .....	7
2 Suomen jätelainsäädäntö ja sen tavoitteet .....	8
3 Muovit .....	10
3.1. Muovien käyttö globaalisti .....	10
3.2. Muovien jaottelu .....	11
3.2.1. Kerta- ja kestopuovit .....	12
3.2.2. Valtamuovit, tekniset puovit ja erikoismuovit .....	12
3.3. Kotitalouksien yleiset puovit .....	13
4 Muovinkeräyskokeilu Kiertokaarella .....	15
4.1. Kiertokaari Oy .....	15
4.2. Keräyskokeilun toteutus .....	17
4.3. Manuaalisen lajittelun toteutus .....	18
5 Tulokset ja pohdinta .....	19
5.1. Manuaalisen lajittelun tulokset .....	19
5.2. Lisäajo Oulun Energian lajittelulaitoksella .....	25
5.2.1. Oulun Energian jätteen lajittelulaitos .....	25
5.2.2. Kerätyn muovijätteen lajittelu laitoksella .....	26
6 Yhteenveto ja johtopäätökset .....	29
7 Lähdeluettelo .....	32

LIITE:

Liite 1. Kotitalouksien tyypillisiä muovituotteita ja niissä käytetyt muovilaadut

## MERKINNÄT JA LYHENTEET

ABS	akryylnitriilibutadieenistyreeni
EPS	solupolystyreeni, paisutettu polystyreeni
HDPE	suuritiheyspolyeteeni/polyeteeni high-density
LDPE	pienitiheyspolyeteeni/polyeteeni low-density
PC	polykarbonaatti
PE	polyeteeni
PET	polyteenitereftalaatti
PMMA	polymetyylimetakrylaatti, akryyli
POM	polyoksimeteeni, polyasetaali
PP	polypropeeni
PS	polystyreeni
PUR	polyuretaani
PVC	polyvinyylikloridi
SB	styreenibutadieeni
TPE	termoelasti
XPS	ruiskuvalettu polystyreeni

# 1 JOHDANTO

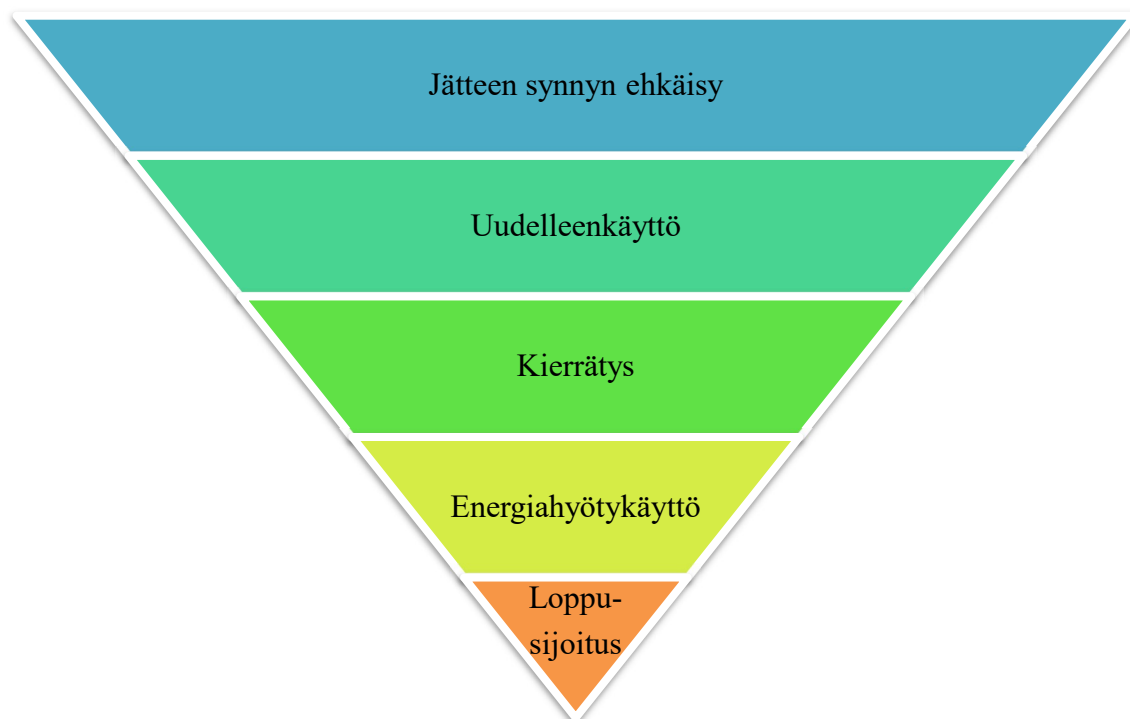
Muovin tärkeys materiaalina yhteiskunnassamme on kasvanut viimeisen 50 vuoden aikana jatkuvasti. Euroopassa tuotetaan muovia vuosittain 58 miljoonaa tonnia. Näistä 40 % on pakkauksia ja loput rakennusteollisuudessa tai kotitalouksissa käytettäviä tuotteita. Euroopassa syntyy muovijätettä vuosittain noin 25,8 miljoonaa tonnia, josta alle kolmasosa kerätään kierrätykseen. (Euroopan komissio 2018a) Tästä johtuen muovijätteen kierrätykselle on luotu tavoitteet EU-tasolla, mihin on päästävä.

Jätelainsäädännöllä pyritään kestävämpiin ratkaisuihin ja sen avulla halutaan lisätä kiertotaloutta. Kiertotalouden ajattelumallin mukaan täytyy hyödyntää käytössä olevien tavaroiden ja materiaalien arvoa niin pitkään kuin mahdollista ja vähentää tällä tavoin uutta tuotantoa. Kierrättämällä muovia niin, että kierrätysmateriaaleilla ja -tuotteilla korvataan neitseellisiin raaka-aineisiin pohjautuvaa tuotantoa, voidaan säästää merkittävästi luonnonvaroja sekä vähentää ympäristövaikutuksia. Sen lisäksi täytyy minimoida kierrätysprosessien ympäristökuormitus, kuten esimerkiksi mikromuovien päästöt veteen ja ilmaan.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan, millaista muovijätettä kotitalouksissa on. Nämä muovijätteet voidaan jakaa kahteen osaan: 1) Pakkausmuoviin, joka kuuluu tuottajavastuun piiriin ja 2) muovituotteisiin, jotka kuuluvat yhdyskuntajätteisiin. Tämä työ lähti liikkeelle kunnallisen jäteyhtiön, Kiertokaari Oy:n, toimesta. Työssä pohditaan, miten polttoon päätyvät muovijätteet voitaisiin kerätä talteen ja kierrättää. Tässä tutkielmassa selvitetään muovin keräyksen ja kierrätyksen mahdollisia haasteita. Tutkimuksessa tutkitaan, millä tavoin muovijätteen keräyksellä voidaan lisätä materiaalikierrätystä ja näin ollen voidaan nostaa kierrätysastetta. Tämä tutkimus keskittyy nimenomaan kotitalouksien muovijätteeseen, joka ei kuulu tuottajavastuun piiriin.

## 2 SUOMEN JÄTELAINSÄÄDÄNTÖ JA SEN TAVOITTEET

Jätelain (646/2011) mukaan kunnilla on velvollisuus järjestää jätehuolto. Jätelain 34§:n mukaan kunnan täytyy järjestää myös riittävän monipuoliset muut jätehuoltopalvelut, jotka noudattavat etusijajärjestyksen (kuva 1) mukaista mahdollisuutta jätteen erilliskeräykseen. (JL 646/2011)



Kuva 1. Jätteiden etusijajärjestys (JL 646/2011)

Etusijajärjestyksen mukaan ensisijaisesti täytyy vähentää jätettä. Koska jätettä joka tapauksessa syntyy, on tärkeää pyrkiä uudelleenkäyttöön ja mikäli tämä ei ole mahdollista, on pyrittävä kierrättämään materiaali. Materiaalikierrätykseen on asetettu tavoitteet ja näiden saavuttamisen apuna on muun muassa tuottajavastuu. Jos kuitenkin materiaalin kierrätys ei ole mahdollista, se tulisi hyödyntää energiana. Viimeisenä keinona on loppusijoitus kaatopaikoille. (JL 646/2011)

Lainsäädännön lisäksi valtakunnalliset jätesuunnitelmat ohjaavat jätehuoltoa. Vuoden 2017 joulukuussa valtioneuvosto hyväksyi valtakunnallisen jätesuunnitelman vuoteen 2023. Yhtenä suunnitelman tavoitteista on, että yhdyskuntajätteestä kierrätetään 55 % vuoteen 2030 mennessä. (Laaksonen ym. 2018) Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2019



yhdyskuntajätettä kertyi 3 122 705 tonnia, josta 43 % hyödynnettiin materiaalina (SVT 2021). Täten yhdyskuntajätteen kierrätysastetta täytyy saada nostettua, että tavoitteeseen päästään. Muovi on yksi suurimmista jätejakeista yhdyskuntajätteessä, sillä se muodosti vuonna 2017 siitä 13 % (Laaksonen ym. 2017). Yhdyskuntajätteen kokonaiskierrätysastetta voidaan nostaa erilliskeräämällä muovia ja kierrättämällä sitä. Kierrätyksestä tekee kuitenkin hankalaa muovilaatujen moninaisuus, eikä kaikki muovi kelpaa kierrätettäväksi sen likaisuuden vuoksi.

Muovinkierrätyksessä haastetta tuo jätehuollon vastuiden jakaantuminen eri toimijoiden kesken. Muovituotteiden jätehuollon toteutuksesta vastaa kunnalliset jätehuoltotoimijat, kun taas muovipakkaukset kuuluvat tuottajavastuun alle. Suomessa tuottajavastuu koskettaa monia tuotteita, kuten renkaita, autoja, akkuja, elektroniikkaa ja pakkauksia. Pakkausten tuottajavastuu koskee kuluttaja- ja yrityspakkauksia, joten se velvoittaa pakkaus- ja maahantuojayrityksiä. Näiden yritysten täytyy järjestää markkinoille päätyvien pakkausten keräys tai vastaanotto, kierrätys ja muu hyötykäyttö sekä tiedottaa näistä. Yritys voi halutessaan myös siirtää tuottajavastuusta tämän osion tuottajayhteisölle, mutta yritysten on tällöin maksettava kustannukset. Yrityksillä on lisäksi suoria tuottajavastuita, jotka kuuluvat tuotteen suunnittelu- ja valmistusvaiheeseen. Näitä yritys ei voi siirtää eteenpäin. Suoriin tuottajavastuihin kuuluvat esimerkiksi raskasmetallien rajoitukset, pakkausten merkinnät ja uudelleenkäytön valmistelut. Pakkauksissa täytyy olla selvät merkinnät, jotka ovat luettavissa myös sen avaamisen jälkeen. Vuodesta 2016 lähtien tuottajan on tullut järjestää muovipakkausten erilliskeräys ja kierrätys niin, että sillä saavutetaan 22 painoprosentin kierrätysaste. (Järvinen & Saarinen 2016, s.44; VNa 518/2014) Tässä tutkimuksessa keskitytään kotitalouksien muovijätteeseen, joka ei nimenomaan kuulu tuottajavastuun piiriin. Tätä muuta muovia ei tällä hetkellä kerätä erikseen kotitalouksilta.

### 3 MUOVIT

Muovi on monipuolinen ja monikäyttöinen materiaali. Kansainvälisen ISO 472 -standardin mukaan muovi on materiaali, joka sisältää olennaisena ainesosana suurimolekyylisen polymeerin. Siitä tuotettaessa valmiiksi tuotteiksi, muovataan virtaavassa tilassa jossain vaiheessa. (ISO 472:2013)

Muovin monipuolisuus luo paljon mahdollisuuksia, mutta tuo osaltaan myös haasteita kierrätysnäkökulmasta katsottuna. Nykypäivänä muovi on tärkeä materiaali ja läsnä kaikkialla arjessamme. Muovilaatujen materiaalikierrätyksen kannalta on tärkeää ymmärtää, että muovilaatuja löytyy paljon ja niillä on erilaisia käyttökohteita. Muovilaatuja voidaan jaotella ominaisuuksien ja kustannuksien mukaan.

Turhan usein muovia tuotetaan, käytetään ja hävitetään kiertotalouden tavoitteiden vastaisesti, mikä kuormittaa ympäristöä. Yhteiskunnallista huolta kasvattaa hälyttävät ja näkyvät merkit, kuten esimerkiksi miljoonan tonnin muovijätteen kulkeutuminen meriin joka päivä. Käytämme muovia tarpeettoman paljon monen asian tuottamisessa ja joskus pärjäisimme muillakin materiaaleilla. Muovin kulutuksen seurauksiin täytyy puuttua pikaisesti ja jätehuollolla on suuri merkitys siinä, että muovi saadaan materiaalina talteen. (Euroopan komissio 2018b)

Muovi on oikein käytettynä hyödyllinen materiaali, eikä siitä tarvitse päästä kokonaan eroon. Muovin avulla voidaan pienentää hiilidioksidipäästöjä. Esimerkiksi ruokahävikkiä voidaan estää muovista valmistetuilla pakkauksilla. Toisaalta muovi on kevyt materiaali ja sillä voidaan korvata metalleja. Esimerkiksi autojen ja lentokoneiden muoviosat vähentävät hiilidioksidipäästöjä ja säästävät polttoainetta keveytensä vuoksi. (Euroopan komissio 2018b)

#### 3.1. Muovien käyttö globaalisti

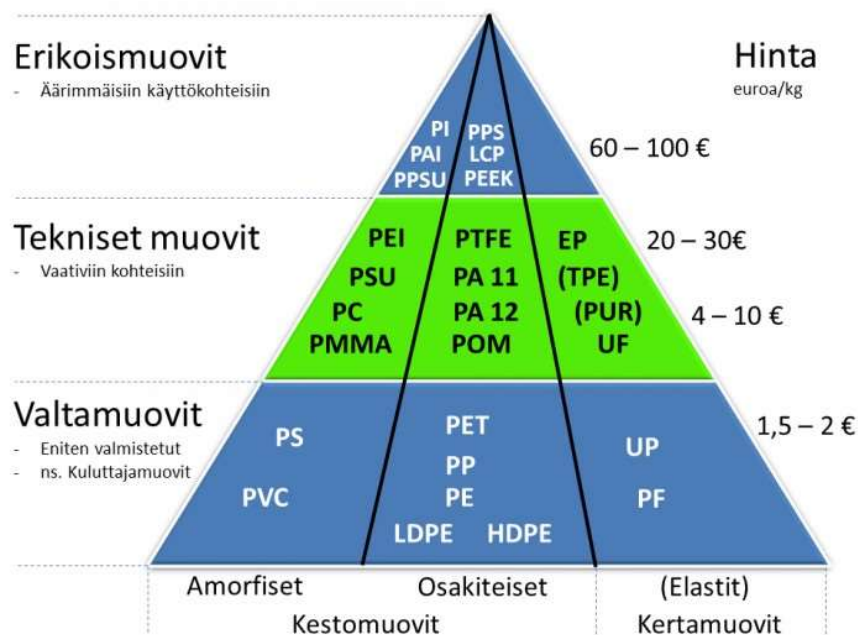
Muovintuotanto maailmassa on kaksikymmenkertaistunut 1960-lukuun nähden. Vuoteen 2015 mennessä muovia oli tuotettu maailmassa yhteensä 322 miljoonaa tonnia. Tämän luvun ennustetaan jopa kaksinkertaistuvan seuraavan 20 vuoden aikana. Euroopassa

tuotetaan joka vuosi noin 25,8 miljoonaa tonnia muovia. Muoviteollisuus työllisti vuonna 2015 1,5 miljoonaa ihmistä pelkästään EU:n alueella. (Euroopan komissio 2018b)

Muovia ei kierrätetä materiaalina riittävästi. Sitä tuotetaan paljon, mutta vain 30 % muovijätteestä saadaan kerättyä kierrätykseen. Muovin tilanne on paljon huonompi verrattaessa esimerkiksi paperiin, metalliin tai lasiin. Muovin kaatopaikkaus on vähentynyt lainsäädännöllisistä syistä, mutta polttaminen on taas lisääntynyt (VNa 331/2013). Näin muovista saadaan energiaa, mutta se katoaa materiaalina kierrosta. Yhteiskunta menettää 95 % pakkausmuovista materiaalina vuosittain, mikä tarkoittaa euroissa 70–105 miljardin tappiota. Muovin tuotanto ja muovijätteen polttaminen tuottaa globaalisti hiilidioksidipäästöjä 400 miljoonaa tonnia vuosittain. Käyttämällä enemmän kierrätettyä muovia voidaan vähentää riippuvuutta fossiilisiin raaka-aineisiin ja näin ollen pienentää hiilidioksidipäästöjä. On arvioitu että, kierrättämällä kaikki maailman muovijäte, säästettäisiin 3,5 miljardia öljytynnyrillistä vuodessa. (Euroopan komissio 2018b)

### 3.2. Muovien jaottelu

Muovilaatujen rakenne ja ominaisuudet eroavat toisistaan, joten niitä voidaan luokitella monin eri perustein. Muovilaatujen hinta määräytyy sen valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden ja valmistustavan mukaan. Kuvassa 2 on esitetty luokittelu muovien kemiallisen rakenteen sekä käyttökohteiden ja -määrien mukaan.



Kuva 2. Muovien luokittelu (Muoviteollisuus ry 2021a).

Muoveja voidaan jaotella kemiallisen rakenteen mukaisesti kerta- ja kestopuoveihin. Jaottelua voidaan tehdä myös käyttömäärien perusteella valta-, teknisiin ja erikoismuoveihin. Elastit ovat muoveja, jotka muistuttavat paljon ominaisuuksiltaan kumeja. Muovilaaduissa vaativammat ominaisuudet lisäävät tuotantokustannuksia ja näin ollen nostavat hintaa. (Muoviteollisuus ry 2021a)

### **3.2.1. Kerta- ja kestopuovit**

Muovit voidaan jaotella kemiallisen rakenteen mukaan kerta- ja kestopuoveiksi. Kertamuoveja ei voida pehmentää ja muovata uudelleen, koska niiden polymeeriketjujen väliset sidokset ovat niin lujia. Kertamuovit muodostavat viisi prosenttia Suomen muovimarkkinoista, liimoja ja maaleja lukuun ottamatta. (Muoviteollisuus ry 2021a; Järvinen 2017, s. 114)

Valtaosa muoveista on kestopuoveja, joiden polymeeriketjujen välillä on heikohkoja vetysidoksia. Täten niitä pystytään helposti muovaamaan uudestaan ja ne sopivat kierrätykseen ja uusiokäyttöön. Kestomuovit voidaan vielä lajitella amorfisiin ja osakiteisiin kemiallisen rakenteen mukaan. Näistä amorfiset muovit voivat olla läpinäkyviä, mutta osakiteiset eivät voi. (Muoviteollisuus ry 2021a; Järvinen 2017, s. 114)

### **3.2.2. Valtamuovit, tekniset muovit ja erikoismuovit**

Muovit voidaan lajitella myös rakenteen ja käyttömäärien perusteella valtamuoveihin, teknisiin muoveihin ja erikoismuoveihin. Valtamuovien rakenne on kemiallisesti yksinkertainen, joten niistä on edullista valmistaa arkisia tuotteita ja ne kattavatkin 80 % kaikista muovituotteista. Esimerkkejä valtamuoveista ovat polyeteenit (PE), jotka jakautuvat suuritiheyspolyeteeniin (HDPE) ja pientitiheyspolyeteeniin (LDPE), sekä polypropeeni (PP), polystyreeni (PS) ja polyvinyylikloridi (PVC). (Kohvakka & Lehtinen 2019 s.44; Muoviteollisuus ry 2021a)

Tekniset muovit ovat ominaisuuksiltaan valtamuoveja parempia ja kestävämpiä. Niiden valmistaminenkin on vaativampi prosessi, joten ne ovat yleensä valtamuoveja kalliimpia. Teknisiä muoveja käytetään paljon elektroniikkateollisuudessa. Näistä esimerkkejä ovat

akryyliniitriilibutadieenistyreeni (ABS), polykarbonaatti (PC), polymetyylimetakrylaatti (PMMA) ja polyuretaani (PUR). (Kohvakka & Lehtinen 2019 s.45–46; Muoviteollisuus ry 2021b)

Erikoismuovit ovat arvokkaimpia ja ne on tehty erikoissovelluksia varten ääriolosuhteisiin. Täten niiden hintakin on huomattavasti korkeampi. Esimerkkejä erikoismuoveista ovat teflon-pinnoite, jota käytetään paistinpannuissa. Kitkaa ja korkeita lämpötiloja kestävä polyeetterieetteriketonia käytetään moottorin osissa. Erikoismuoveihin kuuluu myös kaikki vaativiin olosuhteisiin käytettävät laadut, kuten avaruusaluksissa käytettävät muovit. (Muoviteollisuus ry 2021b)

### **3.3. Kotitalouksien yleiset muovit**

Kotitalouksien yleisimmät muovit ovat valtamuoveja, jotka ovat edullisia ja niitä käytetään paljon. Valtamuoveihin kuuluu muun muassa polyeteeni (HDPE & LDPE), polypropeeni (PP), polyvinyylikloridi (PVC) ja polystyreeni (PS).

Polyeteeni on kemialliselta rakenteeltaan yksinkertainen hiilivety, joka reagoi vähän muiden aineiden kanssa. Polyeteeni voidaan jakaa tiheyden perusteella pientiheyspolyeteeniin (LDPE) ja suurtiheyspolyeteeniin (HDPE). Suomessa käytetyin muovi on pientiheyspolyeteeni. Pientiheyspolyeteenin molekyylissä on yleensä paljon sivuhaaroja, jolloin sen tiheys jää pieneksi. LDPE:n tärkeimpiä ominaisuuksia ovat venyvyys, kestävyys ja joustavuus kylmässäkin, mutta se ei kestä kuumaa. Siitä valmistetaan muun muassa suojakalvoja ja muovipusseja. Se on myös paljon käytetty muovilaatu ruokapakkauksissa.

Suurtiheyspolyeteenissä (HDPE) molekyylit ovat järjestäytyneet tiheäksi rakenteeksi ja niissä on vain lyhyitä sivuhaaroja. HDPEstä valmistetaan paljon läpinäkyvyyttä kovia kappaleita. Suurtiheyspolyeteenillä on perinteinen asema monien muovituotteiden materiaalina. Esimerkkejä käyttökohteista ovat pulkat, salaojaputket ja kanisterit. Polypropeeni on sen kilpailija ja näiden kahden muovilaadun erottaminen toisistaan on hankalaa. Polypropeeni (PP) on käyttökohteiltaan laajin muovilaaduista ja sitä käytetäänkin muovilaaduista eniten autoteollisuudessa. Polypropeenista valmistetaan tavallisesti ämpäreitä, puutarhakalusteita, pakasterasioita, saaveja, läpinäkyviä

säilytyslaatikoita, liukureita ja viemäriputkia. (Järvinen 2017, s. 20, 24, 30, 34–36; Järvinen & Saarinen 2016, s. 92–93, 96–99)

Polyvinyylikloridi (PVC) on vanhin kestomuovi, sillä se kehitettiin jo vuonna 1912. PVC:n käytettiin aluksi etenkin kankaiden kyllästämiseksi, sillä siitä pystyttiin valmistamaan vettähylkivää sadetakki-, tekonahka- ja kernikankaita. 1970-luvulla PVC:tä alettiin käyttämään merkittävässä määrin myös rakennusteollisuudessa. PVC on erittäin laajasti muokattava muovilaatu, jolloin siitä voidaan valmistaa monenlaisia tuotteita. Siksi siitä valmistettuja muovituotteita on hankala tunnistaa varmuudella. Nykyisin sen tärkeimpiä käyttökohteita ovat putket ja profiilit. PVC:stä valmistetaan myös pressuja ja puutarhaletkuja. PVC on muoveista yksi ongelmallisimpia, koska se sisältää klooria. Tämä aiheuttaa ympäristöhaasteita sitä poltettaessa, sillä sen sisältämä kloori muodostaa vedyn kanssa suolahappoa (HCl). Vetykloridi täytyy puhdistaa savukaasuista, ettei se happamoita ympäristöä. Polyvinyylikloridista voi myös liueta tai haihtua terveydelle haitallisia pehmittimiä, joten näiden käyttö on kielletty lelu- ja elintarviketeollisuudessa. (Järvinen & Saarinen 2016, s.94; Järvinen 2017, s. 40 & 42)

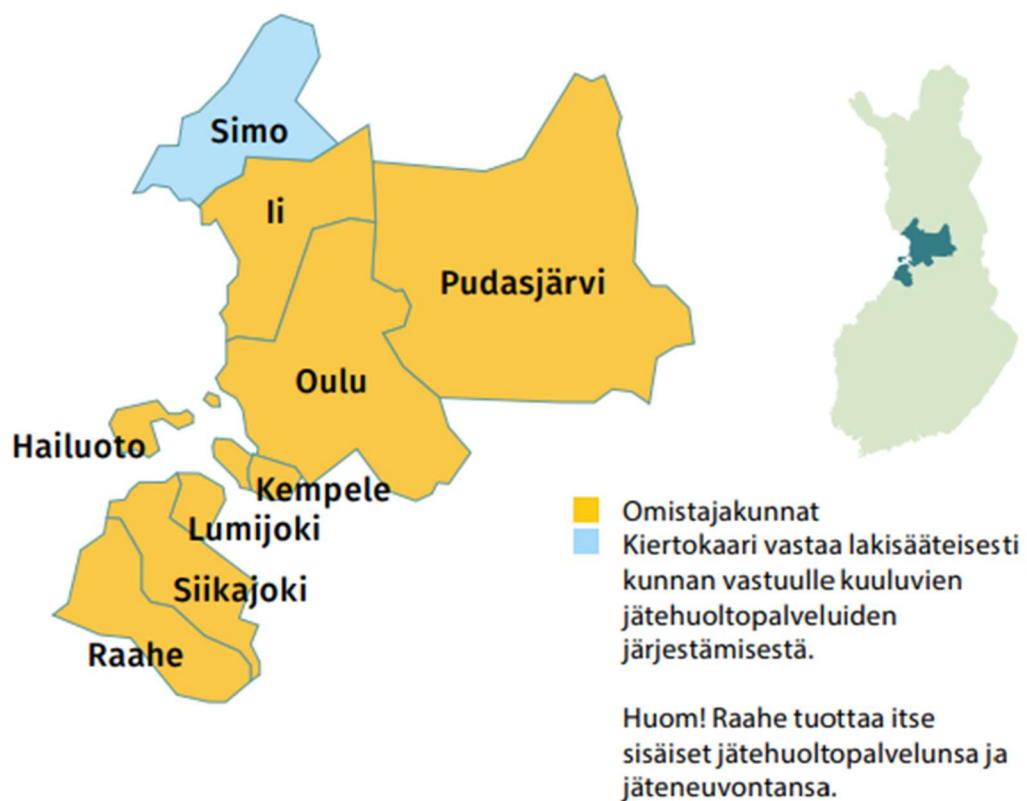
Yleisimpien valtamuovien lisäksi kotitalouksista löytyy myös paljon teknisiä muoveja. Esimerkiksi kodinkoneista löytyy akryyliniiriibutadieenistyreeniä (ABS) ja vaahtomuovipatjoista polyuretaania (PUR). Teknologiakehityksen myötä kotitalouksista löytyy myös vähäiselle käytölle jääneitä CD- ja DVD-levyjä sekä C-kasetteja, jotka ovat valmistettu polykarbonaatista (PC) tai styreenibutadieenistä (SB). Polystyreeniä löytyy monen kodin eristeistä ja käyttötavaroista, kuten esimerkiksi kylmälaukuista. Nämä ovat joko ruiskuvalettua (XPS) tai paisutettua (EPS) polystyreeniä. Kotitalouksista voi löytyä myös akryyliä (PMMA), termoelastia (TPE), polystyreeniä (PS) tai polyoksimeteeniä eli polyasetaalia (POM). (Järvinen 2017, s.227–237)

## 4 MUOVINKERÄYSKOKEILU KIERTOKAARELLA

EU:n jätelainsäädäntö ja -direktiivit lisäävät painetta kierrätysasteen nostamiseen myös Suomessa. Erityisesti muovien osalta tilanne on haastava, joten Kiertokaari Oy halusi tutkimusta aiheesta ja päätti toteuttaa tämän kandidaatintyönä tehdyn muovinkeräyskokeilun. Kertaluontoinen ja viiden päivän mittainen kokeilu järjestettiin Ruskon jätekeskuksessa marraskuussa 2020.

### 4.1. Kiertokaari Oy

Kiertokaari Oy on kunnallinen jäteyhtiö, joka on kahdeksan kunnan omistama. Sen toimialue on esitetty kuvassa 3. Kiertokaari käsittelee asumisessa ja kaupungin kiinteistöissä syntyvää jätettä. Vuonna 2019 Kiertokaari vastaanotti kaikkiaan jätettä noin 179 000 tonnia, josta yhdyskuntajätteen osuus oli noin 113 000 tonnia. Yhdyskuntajätteestä hyödynnettiin materiaalina tai energiana 99,55 %. Kiertokaari vastaa asukkaiden jätehuoltoon liittyvästä tiedotuksesta, kuten jätteen vähentämisestä ja sen lajittelusta. Toimialueella on asukkaita noin 280 000. (Kiertokaari Oy 2021a)



Kuva 3. Kiertokaari Oy:n toimialue. (Kiertokaari Oy 2019)

Kiertokaaren suurin jätteen vastaanotto- ja käsittelyalue on Ruskon jätekeskus Oulussa. Siellä erilliskerätään muun muassa painekyllästettyä puuta, betonia, tiiltä, tasolasia, asfalttia, mineraalivillaa ja puutarhajätettä. Jätekeskuksessa vastaanotetaan myös vaarallista jätettä sekä lajittelematonta seka- ja rakennusjätettä. Jätekeskuksessa on Oivapiste (kuva 4), jossa otetaan vastaan kotitalouksien maksuttomia hyötyjätteitä ja vaarallisia jätteitä. (Kiertokaari Oy 2021b)



Kuva 4. Oivapisteiden rakenne. (Kiertokaari 2020)

Oivapisteellä vastaanotetaan kotitalouksilta maksutta paperia, pintakäsittelemätöntä puuta, kartonkia, pahvia, metallia, lasipakkauksia, kodin sähkölaitteita, tietotekniikkaa, ajoneuvojen renkaita ja vaarallisia jätteitä. (Kiertokaari Oy 2021b) Ruskon jätekeskuksessa muovia vastaanotetaan ainoastaan maksullisena sekajätteenä. Tuottajavastuunalaisten muovipakkausten keräyksen toimialueella hoitaa Suomen Pakkauskierätyks RINKI Oy omilla RINKI-ekopisteillään. Oivapisteellä ei siis tavallisesti vastaanoteta minkäänlaista muovia.



## 4.2. Keräyskokeilun toteutus

Kokeilujakson aikana Oivapisteellä kerättiin viisi päivää maksutta kotitalouksien muovijätteitä. Keräys tapahtui 9.-13.11.2020. Kokeilu sai huomiota medialta ja tavoitti siten paljon ihmisiä. Muoviesineet kerättiin lavoille ja pakkausmuovi jäteastioihin. Kuvassa 5 on esitettyä muovinkeräyskokeilun järjestelyt.



Kuva 5. Muovinkeräyskokeilun toteutus.

Muovinkeräys sijoitettiin näkyvälle paikalle, keskelle Oivapistettä. Tästä oli helppo neuvoa asiakkaita viemään muitakin jättejakeita oikeille paikoilleen. Muun muassa vaarallisten jätteiden ohjaus tapahtui helposti, koska niiden vastaanotto oli muovinkeräystä vastapäätä. Tällä tavoin sai ehkäistä vaarallista jätettä sisältävien kanistereiden joutumista muovinkeräykseen.

Pakkausmuovi pyrittiin erilliskeräämään asiakkailta jäteastioihin, joista se siirrettiin puristimeen. Näin pystyttiin kontrolloimaan sitä, ettei puristimeen mennyt muuta kuin pakkausmuovia. Muoviesineet kerättiin puolestaan lavoille, jolloin niitä pystyttiin siirtämään ja vaihtamaan lavoja helposti pyöräkoneella tai kuorma-autolla. Päivässä täyttyi keskiarvollisesti kolme lavallista muoviesineitä ja viiden päivän aikana puristin täyttyi pakkausmuovista kaksi kertaa.

Keräyksessä oli jatkuvasti päivystävä työntekijä, joten asiakkailta oli aina mahdollisuus jäteneuvontaan. Tämän kokeilun sivussa saatiin lisättyä ihmisten tietoisuutta muovijätteistä ja tuottajavastuusta.

### 4.3. Manuaalisen lajittelun toteutus

Keräyskokeilun päätyttyä kerätystä muovijätteestä otettiin huomattava osa manuaaliseen lajitteluun. Näytteeksi valittiin neljä kappaletta eri päivinä täyttyneitä lavoja, joissa oli muovijätettä monipuolisesti eri asiakkailta. Näin saatiin kattava ja mahdollisimman todenmukainen näyte. Lajittelussa suojauduttiin työvaatteiden, kertakäyttöhaalareiden, viiltosuojahanskojen ja turvakenkien avulla. Punnitsemiseen käytettiin Rocla-pumppukärriyaakaa ja pienempiin määriin Kern EOB -tasovaakaa. Asiakkaat toivat keräykseen paljon eri kokoisia muovisaaveja, joita käytettiin apuna lajittelussa ja punnituksissa. Astiat punnittiin aluksi ja niihin merkittiin tyhjäpainot. Näin punnitus tapahtui nopeammin. Pumppukärriyaa’alla punnittiin isommat erät laatikon avulla, johon mahtui suuriakin muoviesineitä. Vaa’at nollattiin aina ennen punnitusta, jos ne näyttivät jotain lukemaa. Lajittelu pohjautui muovituotteiden merkintöihin, joista on esitetty esimerkkejä kuvassa 6.



Kuva 6. Esimerkkejä muovituotteiden merkintätavoista. (Suomen Uusiomuovi Oy 2021)

Jos merkintää ei löytynyt, käytettiin apuna kahta taulukkoa kirjallisuudesta (Järvinen & Saarinen 2016; Järvinen 2017), joista on esitetty tiivistelmä liitteessä 1. Molempien teosten lopusta löytyy taulukko, johon on listattu muovituotteita ja muovilaatu, josta se tyyppillisesti valmistetaan. Käsinsortauksessa muovien tunnistus perustui lähinnä muovien merkintäkoodeihin ja tuotteiden ulkonäköön tai ominaisuuksiin. Merkintöjen puuttuessa on tunnistuksessa saattanut tulla virheitä.

## 5 TULOKSET JA POHDINTA

Tässä kappaleessa käsitellään käsinlajittelun tuloksia, esitellään Oulun Energian jätteiden lajittelulaitos ja käydään läpi lisääjtoa laitoksella.

### 5.1. Manuaalisen lajittelun tulokset

Muovia kerättiin kokonaisuudessaan viiden päivän aikana 11300 kiloa, josta oli erilliskerättyä pakkausmuovia 1540 kiloa. Pakkausmuovi toimitettiin Kempeleen jätekuljetuksen vastaanottotermiinaaliin Kempeleeseen. Kotitalouksien muovituotteina lavoille palauttamaa jätettä, joka sisälsi epäpuhtauksiakin, kerättiin keräyksessä 9760 kiloa. Kuvassa 7 on esimerkkejä siitä, millaista muovia keräykseen palautettiin.



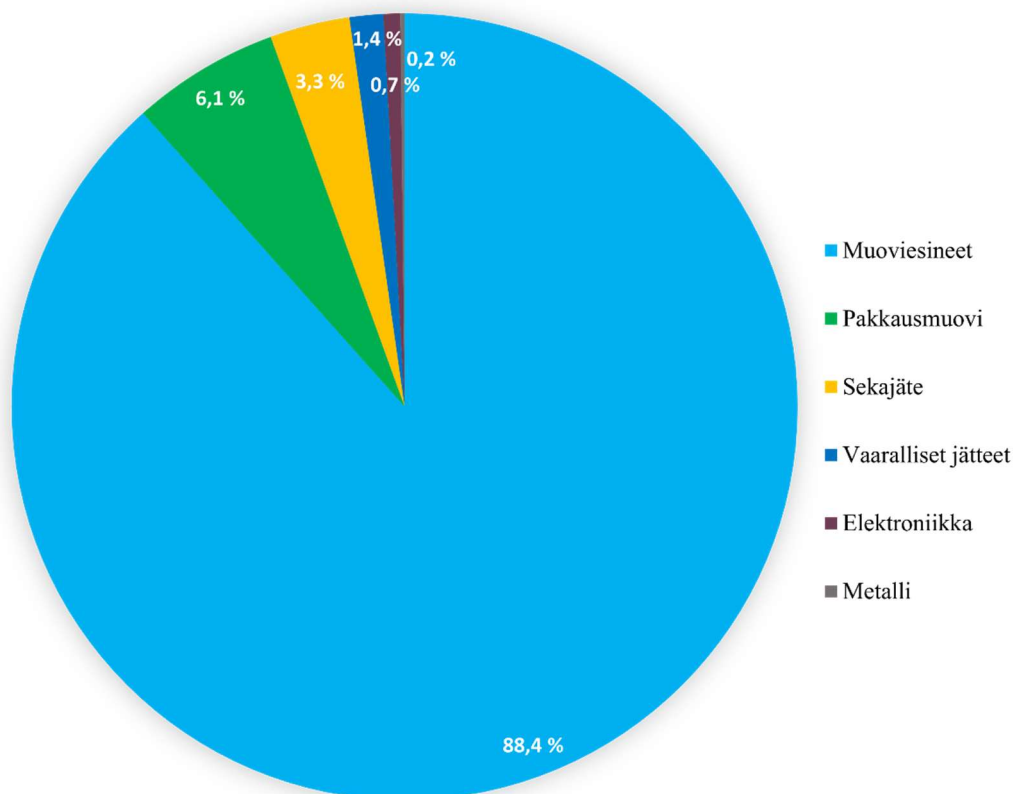
Kuva 7. Kotitalouksien muovituotteina tuomaa muovijätettä.

Kerätyistä muovista otettiin 2633,2 kilon näyte, joka lajiteltiin muovilaaduittain käsin hallissa. Huomattavaa on, että muovi materiaalina vie paljon tilavuutta, mutta on massaltaan kevyttä. Käsinlajitteluun kului aikaa viikon verran ja se vaati 357 punnitusta sekä kahdeksan lajittelijaa. Manuaalisesti lajiteltu näyte-erä yhdistettiin muuhun kerättyyn muoviin, koska koko jäte-erä oli tarkoitus ajaa vielä Oulun Energian lajittelulaitoksen läpi. Käsinlajittelun tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1. Käsinsortauksen punnitustulokset.

Muovit	Paino (kg)
PP	1238,3
HDPE	571
PVC	226,4
Pakkausmuovi	159,5
ABS	63,8
LDPE	62,5
PUR	52,8
PMMA	44,5
XPS	32,1
EPS	12,9
SB	7,9
PC	7,3
TPE	4,1
PS	2,7
POM	1,6
Muut	Paino (kg)
Sekajäte	86,6
Vaaralliset jätteet	36,4
Elektroniikka	18,2
Metalli	4,6
<b>Yhteensä</b>	<b>2633,2</b>

Tulokset osoittavat, että manuaalisesti lajitellusta näytteestä valtaosa oli muovia. Muoviesineiden laivoille oli kuitenkin päätynyt paljon pakkausmuovia, mutta se ei näy kevyen painonsa vuoksi tilastoinnissa kovinkaan suurena osuutena. Pakkausmuovia oli näytteessä 159,5 kiloa, mikä on tilavuudellisesti todella suuri määrä. Pääasiallisena keräyskohteena oli kotitalouksien muovi, joka ei ole tuottajavastuunalaista. Tämän takia pakkausmuovi pyrittiin erottelemaan jo Oivapisteellä. Parempi kuitenkin, että muoviesineiden joukkoon päätyi pakkausmuovia, eikä toisinpäin. Lisäksi näytteessä oli epäpuhtauksina jonkin verran muitakin jättejakeita. Kuvassa 8 on esitetty muovinäytteen koostumus jakeittain.



Kuva 8. Muovinäytteen (2633,2 kg) koostumus.

Näytteessä oli 11,6 % sinne kuulumatonta jätettä, joka koostui pakkausmuovista, sekajätteestä, vaarallisesta jätteestä, elektroniikasta ja metallista. On huomattavaa, että vaikka muovinkeräyspiste oli käytännössä jatkuvasti valvonnan alaisena, epäpuhtauksien määrä on näin suuri. Sekajätettä oli näytteessä 3,3 % ja se sisälsi muun muassa maa-ainesta, tekstiiliosia, sekalaista pahvia ja yhden polttokelpoista keittiöjätettä sisältävän pussin. Sekajätekategoriaan menivät myös hankalasti kierrätettävät muoviesineet, jotka sisälsivät paljon metalli- tai tekstiiliosia. Kuvassa 9 on esimerkkejä siitä, millaista elektroniikkaa, metallia ja vaarallista jätettä muoviesineiden näytteeseen päätyi.





Kuva 9. Esimerkkejä näyte-erään päätyneestä elektroniikasta, metallista ja vaarallisesta jätteestä.

Metallin määrä näytteessä oli merkityksettömän pieni, joten se ei ollut tässä kokeilussa ongelma. Metallia koko näytteessä oli 4,6 kg, joka on vain 0,2 % manuaalisesti lajitellun jätteen määrästä. Kuvassa 8 näkyikin kaikki metalli, joka löytyi näytteestä. Tämä oli muovilla pinnoitettua metallia, kuten esimerkiksi tekokuusi ja termospullo.

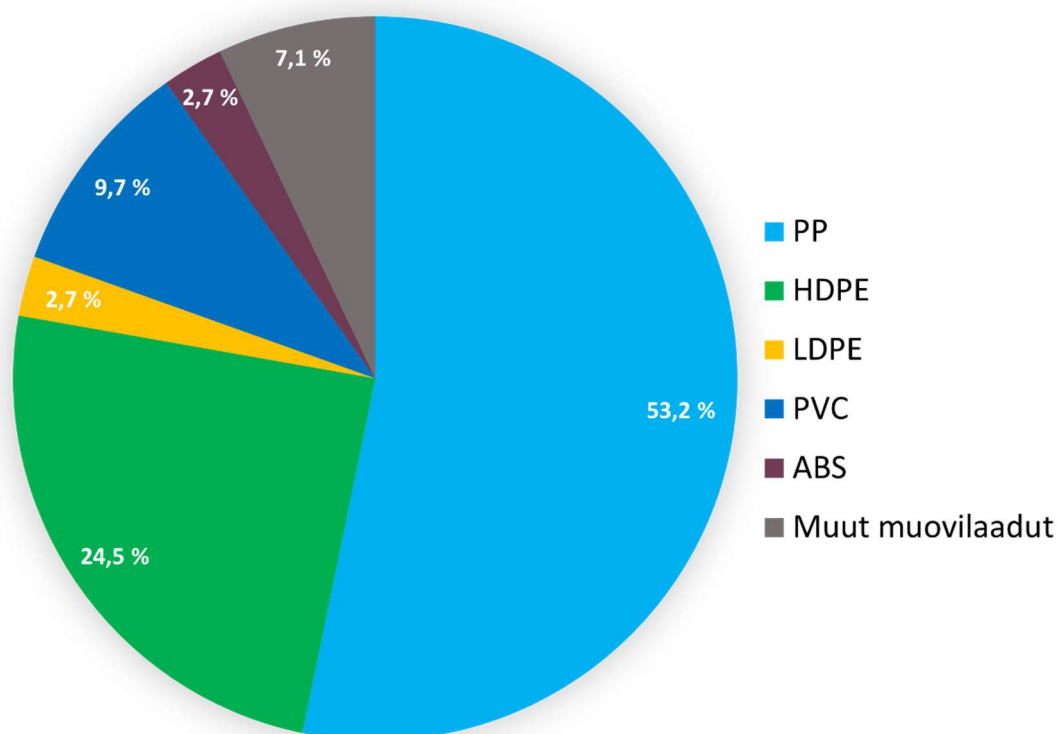
Metallien lisäksi lajiteltu näyte-erä sisälsi elektroniikkaa 18,2 kg eli 0,7 %. Kaikki keräykseen joutunut elektroniikka oli valmistettu muovista, mutta ne olivat esimerkiksi paristoilla toimivia. Osassa oli myös johtoja tai pistoke mukana, mitkä ovat selkeitä merkkejä siitä, että esine on elektroniikkaa eikä pelkkää muovia. Metallia ja elektroniikkaa vastaanotetaan erikseen Oivapisteellä, joten samalla vaivalla ne olisi saanut palautettua myös oikeisiin pisteisiin.

Näytteessä ollut vaarallinen jäte sisälsi ainoastaan kanistereita, joissa oli jäljellä jotain ympäristölle haitallista kemikaalia. Näytteessä oli vaarallista jätettä sisältäviä kanistereita 36,4 kg, joka on 1,4 % koko näytteestä. Ensimmäisellä näytelavalla oli paljon kanistereita, mikä sai alkuun säikähtämään. Kanisterit olivat kuitenkin onneksi suurilta osin tyhjiä. Öljykanistereita ei otettu vastaan keräyskokeilussa lainkaan, mutta silti niitä oli päätynyt

lavoille. Joitain öljykanistereita ei oltu valutettu kunnolla, jolloin ne sisälsivät valuvaa öljyä. Öljy on kovin tahrivaa, joten pienikin määrä sitä muovin joukossa saattaisi pilata koko erän kierrätysmahdollisuuden.

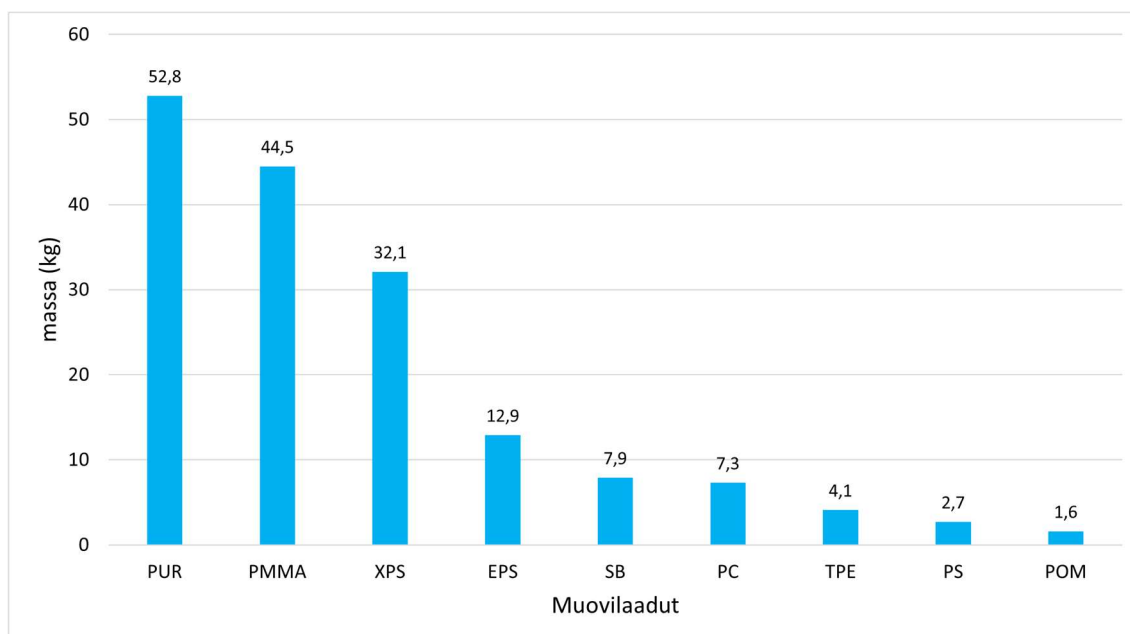
Kanisterit sisälsivät liuottimia tai jopa happoa. Tuulilasinpesuneste oli tavallisin liuotin kanistereissa, mikä saattoi johtua vuodenajasta. Huomattavaa on se, että näyte sisälsi määrällisesti vähän vaarallista jätettä, mutta pienikin määrä on erittäin haitallista jatkojalostuksen kannalta. Epäpuhtauksissa täytyykin miettiä laatua määrän sijasta. Oivapisteellä otetaan vastaan kotitalouksilta vaarallista jätettä maksutta. Vaarallisen jätteen vastaanottopiste sijaitsi muovinkeräyskokeilua vastapäätä, mikä osoittautui erittäin hyödylliseksi. Huomatessa, että asiakkaan kanisteri sisälsikin vaarallista jätettä, ohjasimme hänet toimittamaan sen niiden vastaanottopisteeseen. Tämä keräys lisäsi ihmisten tietoisuutta myös vaarallisten jätteiden osalta.

Kokonaisuudessaan näytteessä oli 2327,9 kg (88,4 %) muoviesineitä ja nämä lajiteltiin muovilaaduittain. Kuvassa 10 on esitetty viisi suurinta jaetta eli kaikki muovilaadut, joita oli näytteessä yli 60 kg. Kaikki muovilaadut, joita oli alle 60 kg, on Muut muovilaadut -lohkossa.



Kuva 10. Manuaalisesti lajitellun muovinäytteen muoviesineiden yleisimpien muovilaatujen osuus.

Näytteen muoviesineet olivat enimmäkseen polypropeenä (PP) ja suurtiheyspolyeteenia (HDPE), sillä nämä kaksi muovilaatua muodostivat muoviesineistä yhteensä 77,7 %. Tämän lisäksi näytteessä oli 9,7 % polyvinyylidikloridia (PVC). Akryyliniitrilibutadieenistyreeniä (ABS) ja pientiheyspolyeteeniä (LDPE) kumpaakin oli näytteessä 2,7 %. Muut muovilaadut -kategoria pitää sisällään kaikki muovilaadut, joita oli keräyksen näyte-erässä alle 60 kg. Kuvasta 11 nähdään, että muita muovilaatuja oli yhteensä 164,3 kg. Jokaista muuta muovilaatua on niin pieni määrä, ettei se yksistään näy kokonaisprosentissa juurikaan.



Kuva 11. Näytteen muut muovilaadut ja niiden määrät.

Kuten kuvasta 11 nähdään, näytteen muut muovit koostuivat pääosin polyuretaanista (PUR), polymetyylimetakrylaatista (PMMA) sekä ruiskuvaletusta (XPS) ja paisutetusta (EPS) polystyreenistä. Polyuretaanista valmistetaan vaahtomuovipatjoja, joita tuotiin keräykseen jatkuvasti. Ne ovat kuitenkin kevyitä kuivana, joten ne eivät näy painoprosentissa sen suurempana jakeena. PMMA oli tässä näyte-erässä pleksiä, jotka olivat selvästi saman asiakkaan kuormasta. XPS ja EPS ovat kovin kevyttä muovia. Niihin sisältyvät rakennustoiminnassa käytettävät eristestyroksit sekä kylmälaukkujen styroksit. Tässä on kuitenkin huomattava se, että styrokseksi veisi suuremman lohkon, jos asiaa katsottaisiin tilavuuden näkökulmasta. SB, PC, TPE, PS ja POM esiintyivät näytteessä yksittäisinä muoviesineinä, joten niiden painoprosenttiosuus koko näytteestä jäi alle 0,3 prosentin.

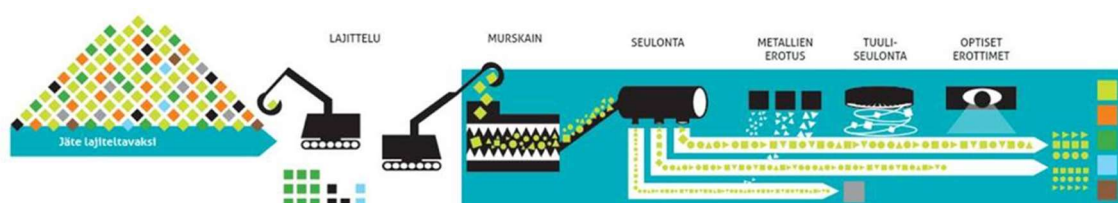


## 5.2. Lisäajo Oulun Energian lajittelulaitoksella

Ruskon jätekeskuksessa on Oulun Energian jätteiden lajittelulaitos, jossa valmistetaan kierrätyspolttoainetta (SRF) Oulun Energian Laanilan biovoimalaitoksen käyttöön. (Oulun Energia 2021) Lajittelulaitoksen prosessissa käytetään erilaisia lajittelumenetelmiä ja sen tavoitteena on materiaalien kierrätysasteen lisääminen erottelemalla sinne tulevasta jätteestä kierrätyskelpoiset materiaalit. Muusta jätteestä valmistetaan kierrätyspolttoainetta Oulun Energian biovoimalaitokselle. Muovinkeräyskokeilun aikana kerätty materiaali päätettiin ajaa koe-eränä lajittelulaitoksen läpi mahdollisten vertailukelpoisten tulosten toivossa. Koko jäte-erä sisälsi siis kotitalouksien muovituotteina lavoille palauttamaa jätettä, jossa oli myös epäpuhtaudet mukana. Jäte-erä oli yhteensä 9 760 kiloa, sisältäen myös manuaalisesti lajitellun näyte-erän.

### 5.2.1. Oulun Energian jätteiden lajittelulaitos

Oulun Energian jätteiden lajittelulaitoksessa (kuva 12) käsitellään sekajätettä rakennustyömailta, teollisuudesta, kaupoista ja kotitalouksista. Laitoksen prosessissa jäte lajitellaan erilaisia mekaanisia lajittelumenetelmiä käyttäen hyödynnettäviin jakeisiin, kuten magneettiset ja ei-magneettiset metallit, paperi ja kartonki, muovi sekä energiahyödynnettävät jakeet muun muassa SRF (Solid Recovered Fuel). (Palo-oja 2021)



Kuva 12. Kuvaus Oulun Energian lajittelulaitoksen prosessista. (Palo-oja 2021)

Seka- ja rakennusjäte vastaanotetaan Lajitteluareena Larella, isoon halliin, niin yksityisasiakkailta kuin yrityksiltäkin. Hallissa jäte esilajitellaan kaivinkoneilla, jolloin hyödynnettäviä jakeita saadaan erilleen jo alkuvaiheessa. Kaivinkoneilla nostetaan ensimmäiselle kuljettimelle lajittelulaitokselle menevää materiaalia, joka jatkaa matkaansa esimurskaimeen. Tämän jälkeen materiaali seulotaan kolmeen eri palakokoon. Prosessissa jätettä erotellaan palakoon ja painon mukaan erilaisilla rumpu-, taso- ja

tuuliseuloilla. Jättemateriaalia siirretään kuljettimilla eri lajitteluvaiheiden välillä. Prosessin loppupäässä lajittelun apuna käytetään optisia erottimia eli NIR-laitteita, jotka hyödyntävät lähi-infrapunaspektroskopiaa. (Palo-oja 2021) Kuvassa 13 on NIR-laite Oulun Energian jätteiden lajittelulaitokselta.



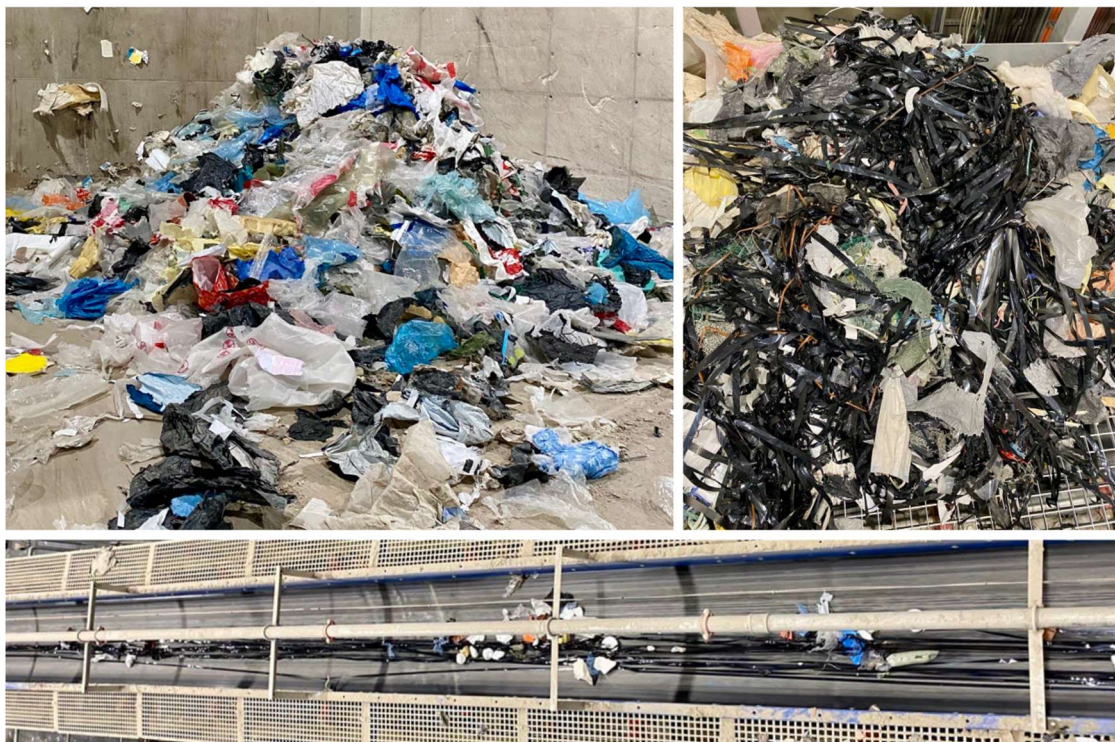
Kuva 13. PellencST:n NIR-laite lajittelulaitoksella.

Anturipohjainen lajittelu NIR-laitteilla on tarkkaa ja nopeaa. NIR-laitteet lukevat kohteiden spektrejä, joilla saadaan selville kemiallisia rakenteita ja tätä kautta esimerkiksi kohteen muovilaatu. (Chen ym. 2021) Tässä vaiheessa myös PVC erotellaan pois jätevirrasta, ettei sitä joudu lopputuotteeseen, koska se muodostaa palaessaan suolahappoa. Sen jälkeen SRF-jae jälkimurskataan. Hyödyntämiseen kelpaamaton jäte menee jätekeskuksen loppusijoitukseen. Murskattu SRF-jae paalataan paalainlaitteistolla tai siirretään SRF-rakennuksen bunkkereihiin odottamaan siirtoa biovoimalaitokselle. Paalattu SRF varastoidaan varastokentällä laitoksen vieressä. (Palo-oja 2021)

### 5.2.2. Kerätyn muovijätteen lajittelu laitoksella

Keräyskokeiluun palautetut muovit ajettiin Oulun Energian jätteiden lajittelulaitoksen läpi 14.1.2021. Manuaalisesti lajiteltu osuus yhdistettiin muuhun kerättyyn materiaaliin ja koko jäte-erä eli 9760 kg oli tarkoitus ajaa laitoksen läpi. Pelkän muovin ajaminen tuotti kuitenkin niin paljon haasteita (kuva 14), että jouduimme keskeyttämään ajon

loppuvaiheessa. Muovista ajettiin kuitenkin 8 tonnia eli merkittävä osa. Tästä päätyi SRF:ksi 6,8 tonnia.



Kuva 14. Muovinajon haasteet Oulun Energian lajittelulaitoksella.

Muovin keveys tuotti vaikeuksia heti esimurskauksen jälkeen. VHS-kasetit purkautuivat ja nauhat aiheuttivat paljon ongelmia pituutensa vuoksi. Nauhoja oli jokaisella kuljetuslinjalla ja ne kietoutuivat muuhun muoviin ja keräsivät hankalia kasoja NIRreille tulkittavaksi, kuten kuvasta 14 näkyy. Kalvo- ja rakennusmuovit sekä muut pitkät muovit eivät murskaantuneet joustavuutensa ja venyvyytensä vuoksi. Rumpuseulasta erottui kaikki palakooltaan yli 300 mm, jonka vuoksi kalvomuovit ja muut pitkät muovit eivät päätyneet NIR-laitteille asti vaan palasivat lajitteluhalliin. Kuvassa 14 vasemmassa yläkulmassa näkyy tästä esimerkkejä, kuten muovipusseja, rakennusmuovia ja muuta kevyttä muovia. Myös pitkien kappaleiden erotusvaiheessa erottui paljon kevyttä muovia linjastolta aiheuttaen lisäksi paljon tukoksia. Tämä erotus otettiin pois käytöstä ja sen jälkeen muovin eteneminen oli sujuvampaa. Muovienajopäivänä sattui myös olemaan pakkasta lähes kolmekymmentä astetta, joka haittasi viimeisen pitkän kuljettimen toimintaa.

Loppupäässä prosessia muovi päätyi NIR-laitteille, jotka lukivat infrapunasäteellä muovilaadut ja erottelivat paineilman avulla PVC:n ja mahdollisen metallin. NIRreiltä päätyi suurin osa SRF-murskaimen kautta SRF-varastoon. SRF:ksi kelpaamaton jaettiin jakeisiin, jotka toimitetaan Oulun Energian toimitussopimusten mukaisesti jatkokäsittelyyn.

Tällä tutkimuksella ei saatu yksiselitteisesti ja luotettavasti selville, paljonko muuta kuin muovია näytteessä oli. Tämä keskittyi siihen, mitä muovilaatua erässä oleva muovi sisälsi. Huomattavaa myös se, että lajittelulaitoksen avulla saatiin tietoa vain siitä muovista, joka päätyi NIRreille asti. Tämä lajittelulaitos ei kuitenkaan ole suunniteltu muoville, vaan seka- ja rakennusjätteelle. Tällöin seassa on painavampaakin materiaalia, kuten mineraaleja, jotka helpottavat materiaalin kulkemista prosessissa.

## 6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää, mitä muovilaatuja kotitalouksien muovijäte sisältää ja millaisia mahdollisuuksia on muovijätteellä, joka ei ole tuottajavastuunalaista, kierrätysasteen nostamisessa. Tutkimuksessa saatiin lisäksi selville ihmisten halukkuus tällaista keräystä kohtaan. Keräyskokeilu lisäsi kuluttajien tietoisuutta tuottajavastuusta, muovipakkausten keräyspisteistä ja vaarallisista jätteistä.

Keräyskokeilu onnistui hyvin ja sai erinomaista palautetta asiakkailta. Keräykselle oli selvästi tarvetta ja ihmiset olivat innokkaita tuomaan muovijätteitään varastoistaan. Ehdottomasti tässä keräyksessä avainasemassa suosion saavuttamisessa oli maksuttomuus. Tämä oli kuitenkin vain yksi keräyskokeilu, jolla saatiin suuntaa sille, mihin tätä voidaan kehittää. EU:n lainsäädäntö korostaa muovien kierrätyksen lisäämistä, joten tulevaisuudessa tässä täytyy parantaa paljon.

Käsinlajittelun tuloksista voidaan päätellä, että epäpuhtauksia on liikaa siihen nähden, että keräyksessä oli jatkuvasti päivystävä työntekijä. Medianäkyvyyden myötä keräys ruuhkautui, jolloin asiakkaiden yksilöllinen neuvominen ei aina päässyt toteutumaan. Vaikka keräystä valvottiin, silti muoviesineiden joukkoon oli palautettu sekajätettä, elektroniikkaa, metalleja ja vaarallista jätettä. Tämä ei ollut toivottavaa ja esimerkiksi öljykanisteri voisi murskattaessa tahria mahdollisesti kokonaan kerätyn erän. Tämän vuoksi ei ole järkevää järjestää samanlaista keräystä ilman valvontaa.

Keräyskokeilun ja käsinlajittelun avulla saatiin selville, että kotitalouksista löytyvä muovijäte koostuu pääosin valtamuoveista. Selkeästi suurimmat jakeet olivat polypropeeni (PP) ja suuritiheyspolyeteeni (HDPE). Käsinlajittelun tuloksista voidaan todeta, että polyvinyylikloridijätettä (PVC) löytyy kotitalouksista vain vähän. Muovien lisääjo Oulun Energian jätteiden lajittelulaitoksessa vahvisti näitä havaintoja.

Lajittelulaitoksen lisääjon tulokset eivät kuitenkaan ole vertailukelpoisia käsinlajittelun tulosten kanssa monen tekijän vuoksi. Lajittelulaitos käyttää optisia erottimia lajittelussa, jotka laskevat kulkevaa pinta-alaa eivätkä välitä massasta. Käsinlajittelun tulokset ovat massaprosentteja. Tämä tekee tuloksista hankalasti vertailtavat. Lajitteluissa oli myös erilaiset jakeet, sillä käsinlajittelussa pakkausmuovi erotettiin sellaisenaan, eikä sen

muovilaatuja tutkittu erikseen. Sen vuoksi esimerkiksi PET-muovia ei tullut ollenkaan käsinlajittelun tuloksiin, mutta lajittelulaitoksen tuloksissa sitä näkyi.

Lisäajossa nähtiin, mitä kaikkia muovilaatuja NIRreille asti päätynyt muovi sisälsi. NIR-laitteet eivät erottaneet polyeteenejä toisistaan, eivätkä tulkinneet erikoisempia muovilaatuja. Useimmat kalvomuovit ja muu LDPE erottui lajittelulaitoksessa ”pitkänä tavarana”, ja koska se ei murskaantunut, sitä ei näkynyt tuloksissa lähes ollenkaan. Lisäajossa muoviesineinä palautetun erän joukossa olleen muun tavaran määrää on hankala arvioida tuloksista. Sekajätteen määrä näytti silmämääräisesti kuitenkin samansuuruiselta kuin käsinlajittelussa.

Lisäajo antoi silti arvokasta tietoa lajittelulaitoksien toiminnasta ja muovin koneellisen lajittelun haasteista. Hyvänä esimerkkinä toimii se, ettei VHS-kasetteja missään nimessä saisi päätyä samantyyppisille lajittelulaitoksille. Niiden nauhat aiheuttavat pituutensa vuoksi paljon tukoksia ja niihin takertuu muuta materiaalia muodostaen kasoja, jotka ovat hankalia tulkittavia optisille erottimille. Lisäajo vahvisti käsinlajittelussa saatua tulosta PVC:n määrästä. Sitä oli joukossa niin vähän, ettei sen erottaminen tuottaisi vaikeuksia. Muovin keveys aiheutti haasteita, sillä se ei edennyt laitoksessa yhtä sujuvasti yksinään. Laitos on suunniteltu sekajätteen ja rakennusjätteen erotteluun sekä SRF:n tuotantoon. Yleensä siis materiaali, jota Oulun Energian jätteiden lajittelulaitoksessa käsitellään ja lajitellaan, on painavampaa ja liikkuu sujuvasti kuljettimelta toiselle.

Yhtenä mahdollisena ratkaisuna muovinkeräyksen toteuttamiselle olisivat kampanjapäivät kesäisin. Keskitetyt keräyspäivät auttaisivat paremmin kontrolloimaan sitä, mitä keräykseen tuodaan. Kesäisin käytettävissä on myös kesätyöntekijöitä, jolloin on mahdollista järjestää erityiskeräyksiä. Keräyspäiviä varten osattaisiin myös varautua etukäteen henkilöstöpuolelta. Avainasemassa suosion saavuttamiseksi on maksuttomuus. Kierrätysasteen nostamiseksi vaaditaan, ettei muovia pelkästään kerätä, vaan se täytyy lisäksi saada kierrätettyä materiaalina. Tämä vaatii logistisia ratkaisuja. Kerätylle muoville täytyy löytyä muovinjalostuslaitos, jolla on kapasiteettia ottaa se vastaan ja käsitellä se. Pohjois-Suomessa täytyykin pitää mielessä, että pitkä kuljetusmatka Etelä-Suomen muovinjalostuslaitoksille tuo omat taloudelliset ja ekologiset haasteensa muovinkierrätykseen.



Vaikkei tutkimuksen mukaan ole kannattavaa järjestää täsmälleen kokeilun kaltaista keräystä jatkossa jatkuvana, on muovinkeräykselle siltikin tarvetta. Tämä toteutuisi keräämällä tarkemmalla seulalla muoveja. Kaikki kotitalouksien muovijäte ei ole hyödyntämiskelpoista. Ainoastaan puhtaat muovijätteet ovat helposti ja varmasti kierrätettävissä. Jos muovituotteita aletaan jäteyhtiöissä keräämään erikseen kotitalouksilta, täytyy myös pakkausmuovia kerätä. Tällä varmistutaan siitä, että tuottajavastuun alaiset muovit päätyvät niille jo suunniteltuja reittejä pitkin jalostukseen, eivätkä muun muovin joukkoon.

## 7 LÄHDELUETTELO

Chen, X., Kroell, N., Wickel, J. & Feil, A. 2021. Determining the composition of post-consumer flexible multilayer plastic packaging with near-infrared spectroscopy. Waste management (Elmsford), 123, pp. 33-41. doi:10.1016/j.wasman.2021.01.015

Euroopan komissio, 2018a. Changing the way we use plastics. [verkkodokumentti] doi:10.2779/109560 [viitattu 21.3.2021] 4 s.

Euroopan komissio, 2018b. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. [verkkodokumentti] Saatavissa: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf> [viitattu 10.2.2021] 18 s.

ISO 472, 2013. Plastics – Vocabulary, kohta 2.702 [verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:472:ed-4:v1:en> [viitattu 17.1.2021]

Järvinen, P. & Saarinen, E. 2016. Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Söderkulla: Muovifakta Oy, 127 s. ISBN 978-952-93-7324-6

Järvinen, P., 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Söderkulla: Muovifakta Oy, 239 s. ISBN 978-952-93-8690-1

Jätelaki 646/2011. [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646> [viitattu 25.1.2021]

Kiertokaari Oy, 2019. Kiertokaaren vuosikertomus 2019 [verkkodokumentti]. Saatavissa: [https://kiertokaari.fi/wp-content/uploads/2016/08/Kiertokaari\\_vuosikertomus\\_2019.pdf](https://kiertokaari.fi/wp-content/uploads/2016/08/Kiertokaari_vuosikertomus_2019.pdf) [viitattu 12.2.2021]. 24 s.

Kiertokaari Oy, 2020. Jäteopas 2020 [verkkodokumentti]. Saatavissa: [https://kiertokaari.fi/wp-content/uploads/2016/08/kiertokaari\\_jateopas\\_2020.pdf](https://kiertokaari.fi/wp-content/uploads/2016/08/kiertokaari_jateopas_2020.pdf) [viitattu 18.2.2021]. 19 s.

Kiertokaari Oy, 2021a. Kiertokaari Oy:n tehtävä [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://kiertokaari.fi/kiertokaari-oy/tehtava/> [viitattu 16.1.2021].



Kiertokaari Oy, 2021b. Oulussa Ruskon jätekeskus [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://kiertokaari.fi/jateasema/oulussa-ruskon-jatekeskus/> [viitattu 13.2.2021].

Kohvakka, J. & Lehtinen, L. 2019. Hyvä, paha muovi: Vähennä viisaasti. Helsinki: Minerva Kustannus Oy, 182 s. ISBN 978-952-312-812-5

Laaksonen J., Pietarinen A., Salmenperä H. & Merilehto K., 2017. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023, taustaraportti, Suomen Ympäristö 3/2017. Ympäristöministeriö [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4734-0> [viitattu 8.1.2021]

Laaksonen J., Salmenperä H., Stén S., Dahlbo H, Merilehto K., Sahimaa O., 2018. Kierrätyksestä kiertotalouteen, Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023, Suomen Ympäristö 01/2018. Ympäristöministeriö. [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4774-6> [viitattu 8.1.2021]

Muoviteollisuus, 2021a. Muovien luokitus [verkkodokumentti]. Saatavissa: [https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien\\_luokitus/](https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/) [viitattu 9.2.2021]

Muoviteollisuus, 2021b. Muovit äärirajoilla ja niiden yli [verkkodokumentti]. Saatavissa: [https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/extreme\\_muovit/](https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/extreme_muovit/) [viitattu 21.2.2021]

Oulun Energia, 2021. Ruskon jätteiden lajittelulaitos edistää kiertotaloutta. [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/ouluenergia/tietoa-ouluenergia/energiantuotanto/voimalaitokset/ruskon-jatteiden-lajittelulaitos-edistaa-kiertotaloutta>. [viitattu 20.2.2021]

Palo-oja, S., 2021. Tietoa OEKITasta [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Elle Niemistö. Lähetetty 22.01.2021 klo. 14.39 (GMT +0200)

Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021. Jätetilasto [verkkodokumentti]. ISSN=1798-3339. Yhdyskuntajätteet 2019. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/jate/2019/13/jate\\_2019\\_13\\_2020-12-09\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/jate/2019/13/jate_2019_13_2020-12-09_tie_001_fi.html) [viitattu 12.2.2021]

Suomen Uusiomuovi Oy, 2021. Muovien materiaalimerkit [verkkodokumentti].

Saatavissa:

[http://www.uusiomuovi.fi/fin/pakkaus\\_kiirtaa/muovien\\_kierratys/muovien\\_materiaalimerkit/](http://www.uusiomuovi.fi/fin/pakkaus_kiirtaa/muovien_kierratys/muovien_materiaalimerkit/) [viitattu 14.3.2021]

VNa 331/2013. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista [verkkodokumentti] Saatavissa:

<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130331> [viitattu 20.2.2021]

VNa 518/2014. Valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteistä

[verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140518>

[viitattu 20.2.2021]

## LIITE: KOTITALOUKSIEN TYYPILLISIÄ MUOVITUOTTEITA JA NIISSÄ KÄYTETYT MUOVILAADUT

Tämä liite on tiivistelmä, joka on tehty mukaillen Järvisen & Saarisen teoksen Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa (2016) sekä Järvisen teoksen Muovit ja muovituotteiden valmistus (2017) vastaavia taulukkoja.

Tuote	Muovilaatu
A aaltolevy	PMMA, PET tai PVC
akryyli	PMMA
auton bensatankki	HDPE
auton etuvalo	PC
auton lokasuoja	HDPE
auton puskuri	PP
auton takavallo	PMMA
B bensakanisteri	HDPE
C C-kasetti	SB
CD-kotelo	PS
CD-levy	PC
crocsit	TPE
D dvd-levy	PC
dvd-tasku	PP
E elintarvikekelmu	LDPE
eristelevy	EPS, XPS tai PUR
H hammasharja, kova osa	PP
harava	POM
harjan varsi	PP-H
heijastin	PS
hyttysverho	PVC
I ikkunatiivistelista	PVC
ilmapatja	PVC
ilmastointiputki	PP
istuinalusta	PE
J jalkapallon pinta	PUR tai PVC
juomapullo (kirkas)	PET
juomapullo (läpinäkymätön)	HDPE
jätesäkki	LDPE
jääkaapin kotelot	SB
jääkiekkokypärä	ABS
jääraappa	PS
K kalamyyntilaatikko	EPS
kanisteri	HDPE
kannu (läpinäkymätön)	HDPE

kansion välilehti	PVC
kansiotasku	PVC
kassi	LDPE
kastelukannu	HDPE
kasvihuonekennolevy	PC
kauha	PP
kaukosäätimen kuori	ABS
kauppakassi	LDPE
keinonahka	PVC
kennolevy	PC tai PVC
kelkka	HDPE
kertakäyttöpikari/muki	PS
kukkaruukku	HDPE
kuplamuovi	LDPE
kuramatto	HDPE
kutistekalvo	LDPE
kynä	SB
kännykän kuori	PC + ABS
kärpäslätkä	LDPE
<hr/>	
L lampunvarjostin	PP
lapio	PP
lasi, kertakäyttöinen	PS tai PET
lasi, konepestävä	PC
laskin	ABS
lattiakaivo	PP
lattianpäällyste	PVC
lautanen	HDPE
lego-palikka	ABS
lehtikotelo	SB
leikkiautot	HDPE
leikkuulauta	HDPE
leivontakulho	HDPE
lentokonelaukku	ABS
liikennemerkki	HDPE
liikenteen sulkukartio	LDPE
liukuri	HDPE
liuostynnyri	HDPE
lp-levy	PVC
lumikola	HDPE
luottokortti	PVC
lämpölaatikko	EPS
<hr/>	
M maatalouskalvo	LDPE
maitokuljetuslaatikko	HDPE
matkalaukku	ABS
matkapuhelimen kuori	ABS + PC
matto	PVC
mehukanisteri	HDPE

	mikroastia	PP
	minigrip-pussi	LDPE
N	nappi	PET
	naru	PP
	nauha	PVC
	nokkamukin nokka	ABS
	nuora	PVC
	näppäimistö	ABS
O	onki	SB
P	pakasterasia	PP
	pakastinlokerot	SB, PS tai PC
	pallo	PVC
	pelastusliivien pinta	PVC
	pesuvati	PP
	pikari	PS
	pilkkionki	ABS, PP
	piirtoheitinkalvo	PET
	pleksilasi	LDPE
	potta	HDPE
	pulkka	HDPE
	pussi	LDPE
	puutarhaletku	PVC
	puutarhapöytä	PP
	puutarhatuoli	PP + talkki
	pyykkikori	HDPE
	pyöräilykypärä	EPS
	pölynimurin kuori	ABS
	pöytäliina	PVC + kangas
R	radion kotelo	ABS
	rappuharja	PP
	retkilautanen	HDPE
	retkipatja	PE
	ritilämatto	LDPE
	routaeriste	EPS
	rumpuputki	HDPE
	ruukku	PS
	ränni	PVC
S	sadetakki, -viitta	PVC
	sadevesikaivo	HDPE
	saippuakotelo	HDPE
	salaojaputki	HDPE
	salkku	ABS
	siivouskäsine	PVC
	silitysraudan kuori	ABS
	styroksieriste	EPS
	suihkumyssy	PVC
	suihkusuutin	ABS

	suihkuverho	PVC
	suojakalvo	LDPE
	suojatossu	PVC
	suppilo	HDPE
	säilytyskori	HDPE
T	tarjoiluastiat	HDPE
	taulukoukku	PP
	tekokasvi	LDPE
	tuorekelmu	LDPE
	tuttipullo	PP
	työmaa-aita	HDPE
U	ufo-liukuri	HDPE
	uimapatja	PVC
	uimarengas	PVC
	ulkokalusteet	PP-C
V	vaahtomuovipatja	PUR
	vinyyli	PVC
	vinyyililevy	PVC
	varaston oviverho	PVC
	vesijohtoputki	HDPE
	vesikauha	HDPE
	vesisaavi	HDPE
	vetoketjun hampaat	POM
	VHS-kasetti	SB, POM
	viemäriputki	PP
	viivoitin	PS
Ä	ämpäri	PP
	äyskäri	HDPE
	äänilevy	PVC